# TRES ARQUITECTURES PER AL NOU MIL·LENNI DE LA FI DEL CARBONI

*Cap a una teoria temporal de la sostenibilitat arquitectònica*

**XEMA GATNAU**

## Resum

L'arquitectura sostenible no es pot determinar únicament pels materials que empra, sinó per la relació entre material, durada, manteniment i cicle de substitució. Un edifici no és sostenible només perquè utilitzi materials naturals, ni deixa de ser-ho automàticament pel fet d'utilitzar materials pesants o industrials. El que és decisiu és la coherència entre l'impacte inicial d'una construcció i el temps durant el qual aquest impacte queda justificat.

Aquest text proposa distingir tres grans models per a l'arquitectura futura: l'arquitectura renovable o embornal de carboni, basada en materials biogènics, reciclables, compostables o de baix impacte; l'arquitectura ultrapermanent, basada en materials de gran resistència i alt cost inicial - com el formigó, la pedra, la ceràmica o l'acer inoxidable - la legitimitat de la qual depèn de la seva durada extrema; i l'arquitectura estratificada, que combina capes temporals diferents dins d'un mateix edifici: pells renovables, instal·lacions substituïbles i nuclis estructurals de llarga durada.

La tesi central és que el temps ha de convertir-se en una categoria fonamental de la sostenibilitat arquitectònica. L'arquitectura del futur no serà sostenible només pel fet de ser lleugera, ni només pel fet de ser robusta, sinó perquè adeqüi correctament cada material a la seva durada, el seu manteniment i el seu destí. Allò insostenible no serà necessàriament el que és pesant ni el que és perible, sinó allò que combina un alt impacte material amb una vida curta, una obsolescència ràpida i l'absència de responsabilitat temporal.

**Paraules clau: arquitectura sostenible, durada, carboni incorporat, arquitectura efímera, materials biogènics, formigó, acer inoxidable, palla, fusta, permanència, estratificació temporal, Return on Environment.**

## 1. Introducció: el temps com a criteri oblidat

La sostenibilitat arquitectònica sovint es discuteix a partir dels materials: fusta contra formigó, palla contra acer, terra contra materials industrials, sistemes naturals contra sistemes d'alt impacte. Aquesta oposició és comprensible, però incompleta. Cap material no és sostenible de manera absoluta i aïllada. El seu valor ecològic depèn de com s'obté, com es transforma, com es transporta, com es manté, quant dura i què li passa quan deixa de ser útil.

En aquest text, la «fi del carboni» no significa, naturalment, la desaparició de l'element químic, sinó el final progressiu d'un model econòmic assentat en l'extracció, la combustió i l'alliberament massiu de carboni fòssil. El nou mil·lenni de la fi del carboni serà aquell en què l'arquitectura haurà de respondre per l'energia i

la matèria que immobilitza, però també pel temps durant el qual evita noves extraccions, emissions i reconstruccions.

L'error habitual consisteix a separar matèria i temps. Es jutja un edifici pel seu impacte inicial, per la seva aparença ecològica o pel tipus de material utilitzat, però no sempre es pregunta durant quant de temps aquest material justificarà la seva presència al món. Una arquitectura lleugera pot ser irresponsable si se substitueix constantment. Una arquitectura pesada pot ser raonable si dura segles. Una arquitectura aparentment natural pot ser falsa si depèn de cicles de reposició excessius, transport llunyà o tractaments contaminants. Una arquitectura mineral o industrial pot ser defensable si evita demolicions, reconstruccions i residus durant generacions.

Per això, la pregunta central no hauria de ser només: de què està fet un edifici?

**Quina durada promet, quin cost exigeix i durant quant de temps aquest cost queda justificat?**

Aquest text proposa una teoria temporal de la sostenibilitat arquitectònica. L'arquitectura futura haurà d'escollir entre tres grans possibilitats: ser renovable i de cicle curt però materialment innocent; ser ultrapermanent i de cicle llarguíssim; o ser estratificada, combinant capes de durada diferent dins d'un mateix sistema constructiu.

## 2. Primera via: arquitectura renovable o embornal de carboni

La primera via és l'arquitectura renovable, biogènica o embornal de carboni. Es basa en materials com la palla, la fusta, el suro, el cànem, les fibres vegetals, la terra, la calç o altres sistemes de baix impacte, capaços d'emmagatzemar carboni, biodegradar-se, reciclar-se, compostar-se o tornar al cicle material amb un dany reduït.

Aquesta arquitectura no necessita prometre necessàriament mil anys. La seva legitimitat no depèn de la permanència extrema, sinó de la netedat del cicle. Si un material creix, absorbeix carboni, requereix poca energia de transformació, es desmunta sense un gran dany i pot ser reutilitzat o retornat a la terra, aleshores la seva menor durada pot no ser un defecte. Pot formar part d'una lògica ecològica coherent.

En aquest model, la substitució periòdica no és necessàriament obsolescència. Una pell de palla, una coberta vegetal, un tancament de fusta o una capa de fibres naturals poden renovar-se si la seva reposició no implica una nova violència

material significativa. L'arquitectura renovable accepta el temps breu, però només quan aquest temps breu està integrat en un cicle regeneratiu.

La seva virtut principal és la lleugeresa material. El seu perill principal és l'estètica d'allò ecològic. No tot el que sembla natural és sostenible. Una construcció de palla o de fusta pot ser irresponsable si està mal dissenyada, mal protegida contra la humitat, té una vida útil massa curta, un manteniment impossible, tractaments químics agressius o un transport excessiu. L'arquitectura renovable només és legítima si el seu cicle complet és honest.

**No n'hi ha prou de semblar biodegradable. Cal ser-ho dins d'un sistema material real.**

## 3. Segona via: arquitectura ultrapermanent

La segona via és l'arquitectura ultrapermanent. Parteix d'una premissa contrària: si s'utilitzen materials d'alt impacte inicial, aquests materials han de durar moltíssim. El formigó, la pedra, el maó, la ceràmica, l'acer inoxidable o altres sistemes robustos no s'haurien d'emprar per produir edificis de cicle curt. La seva justificació depèn de la seva durada.

En aquest model, la sostenibilitat no prové de la lleugeresa, sinó de l'amortització temporal. Una estructura de formigó pot ser ecològicament obscena si s'enderroca al cap de trenta anys. Però pot adquirir una altra legitimitat si es projecta, es construeix, es manté i es protegeix per durar dos-cents, cinc-cents o mil anys. El problema no és simplement usar formigó, acer o materials minerals. El problema és usar-los per fabricar obsolescència.

Aquest criteri s'aplica també a peces auxiliars aparentment menors - un espai de barbacoa o graella, un petit pavelló domèstic o una estança annexa amb bany. Si s'aixequen amb materials d'alt impacte, el seu caràcter secundari no les eximeix de ser concebudes dins d'un sistema veritablement durable.

L'arquitectura ultrapermanent proposa una regla ètica simple:

**Com més gran sigui el cost ecològic d'un material, més gran ha de ser la durada exigida.**

En sentit invers al criteri aplicat a l'arquitectura renovable, tampoc no n'hi ha prou que una construcció sembli durable. Ho ha de ser dins d'un sistema material durable: estructura, unions, protecció, reparabilitat i manteniment han de formar una continuïtat capaç de sostenir la promesa temporal de l'edifici.

### 3.1. ROE: Return on Environment

La petjada ambiental d'una arquitectura no s'hauria de jutjar únicament en l'instant de la seva construcció. De la mateixa manera que l'economia utilitza el retorn de la inversió per comparar el sacrifici inicial amb els rendiments obtinguts després, es pot proposar un indicador ambiental de llarg termini: el Return on Environment (ROE). Aquí s'empra en un sentit propositiu i no com un estàndard ja normalitzat; tampoc no s'ha de confondre amb l'ús financer habitual de les mateixes sigles per a Return on Equity.

El ROE expressa el retorn ambiental acumulat d'una decisió material. Una solució pot produir una petjada de carboni inicial relativament elevada i, tanmateix, oferir un resultat ambiental superior si durant segles evita demolicions, reconstruccions, substitucions estructurals, nous transports, consum addicional de matèries primeres i generació reiterada de residus. La inversió ambiental inicial es jutja, per tant, en relació amb les càrregues futures que aconsegueix evitar.

Conceptualment, el ROE per a un horitzó temporal T es pot entendre com la relació entre els beneficis ambientals acumulats - emissions evitades, recursos estalviats, carboni emmagatzemat i reconstruccions no realitzades - i el conjunt d'impactes assumits - construcció inicial, manteniment, substitucions i final de vida.

$$ROE_t = \text{Beneficis ambientals acumulats fins a T} / \text{Impactes ambientals acumulats fins a T}$$

La fórmula no pretén encara fixar una mètrica universal ni esborrar les diferències entre tipus d'impacte. La seva funció és ordenar el raonament: obliga a comparar solucions dins d'un horitzó temporal explícit i a justificar les hipòtesis sobre vida útil, manteniment i substitució. També es pot utilitzar de manera marginal, comparant el ROE addicional d'una alternativa més robusta respecte d'una altra de menor durada.

L'arquitectura ultrapermanent no busca simplement reduir al mínim la contaminació del dia de l'obra. Busca minimitzar la petjada acumulada a llarg termini i maximitzar el ROE. Això pot justificar una inversió material inicial més gran quan aquesta inversió impedeix que la mateixa funció s'hagi de reconstruir repetidament. La durada deixa així de ser una qualitat ornamental i passa a funcionar com a rendiment ambiental.

Un edifici pesant ha de tenir vocació d'herència. Ha de poder ser reparat, mantingut, transmès i utilitzat per generacions que no van participar en la seva construcció. Ha d'estar pensat per envellir, no per ser substituït. El seu valor no consisteix a canviar contínuament, sinó a romandre amb prou dignitat perquè el seu manteniment tingui sentit.

Aquesta via no defensa qualsevol rigidesa. Una arquitectura permanent pot fracassar si es torna inútil, hermètica, excessivament específica o incapaç de ser cuidada. La permanència no s'aconsegueix només amb massa. Requereix forma, programa, manteniment, custòdia jurídica i necessitat social. Un edifici pot ser robust i, tot i així, no merèixer durar.

L'arquitectura ultrapermanent només es justifica si la seva durada és material, funcional, simbòlica i institucional.

## 4. Tercera via: arquitectura estratificada

La tercera via és l'arquitectura estratificada. No escull de manera absoluta entre el renovable i el permanent, sinó que organitza l'edifici en capes temporals diferents. Reconeix que no tots els elements d'una construcció han de durar el mateix. Una pell pot durar pocs anys; una instal·lació, unes dècades; un tancament, diverses generacions; una estructura, segles.

L'arquitectura estratificada combina materials de cicle breu amb nuclis de llarga durada. Pot tenir una pell exterior de palla, fusta o fibres vegetals, renovable i compostable; instal·lacions accessibles i substituïbles; tancaments reparables; i una estructura principal de formigó, pedra, ceràmica o acer inoxidable destinada a durar segles.

La pell exterior no ha de ser necessàriament materialment pura ni estar composta exclusivament per fibres vegetals. Pot incorporar una epidermis plàstica: membranes, làmines o components polimèrics seleccionats per protegir les capes inferiors de palla o de fusta davant la humitat, la radiació, el vent o el desgast. La presència de plàstic no invalida per si sola la lògica del sistema si la seva quantitat, durabilitat, reparabilitat i destí final estan justificats i si prolonga substancialment la vida útil de les capes biogèniques que protegeix.

Aquest model evita dos errors oposats. El primer és creure que tot ha de ser biodegradable i temporal. El segon és creure que tot ha de ser pesant i etern. L'arquitectura responsable no exigeix la mateixa durada a tots els seus components. Exigeix que cada capa conegui el seu temps, la seva funció, el seu manteniment i el seu destí material.

Una pell de palla no fracassa per durar poc si la seva funció és protegir, ombrejar, aïllar o assenyalar durant un cicle breu i després tornar al cicle material. Una estructura de formigó sí que fracassa si dura poc, perquè el seu cost material exigeix una promesa temporal més gran. Una instal·lació tècnica no necessita durar mil anys, però s'ha de poder substituir sense destruir l'edifici. Una porta, una junta, una coberta o una pell es poden renovar; el nucli estructural ha d'ordenar aquestes renovacions.

L’arquitectura estratificada s’assembla més a un organisme que a un objecte homogeni. El nucli resistent actua com un esquelet: sòlid, profund i destinat a romandre. Les capes exteriors actuen com la pell o l’epidermis: més lleugeres, caduques, renovables i sensibles a les variacions de l’entorn. Com passa en un cos, la permanència més gran es concentra a l’interior, mentre que la superfície es repara, se substitueix i s’adapta sense destruir la continuïtat del conjunt.

Aquesta analogia no és només retòrica. Implica separar físicament les capes, permetre la ventilació i l’assecat, fer accessibles les unions i evitar que la renovació d’un revestiment arribi al nucli estructural. Una arquitectura temporalment jerarquitzada ha d’impedir que l’envelliment de l’epidermis es converteixi en una patologia de l’esquelet.

L’arquitectura estratificada és, en aquest sentit, una arquitectura de jerarquies temporals.

La seva pregunta no és: quin material és bo?

**Quina durada correspon a cada material?**

## 5. El pitjor escenari: alt impacte i vida curta

El més insostenible no és necessàriament el que és pesant. Tampoc no ho és necessàriament el que és efímer. El més insostenible és la combinació entre un alt impacte i una durada curta.

Aquest és el punt crític de bona part de l’arquitectura contemporània d’esdeveniment: pavellons, estands, fires, instal·lacions, muntatges institucionals, escenografies culturals, biennals, festivals i dispositius fotogènics que utilitzen materials complexos, transport, embalatge, il·luminació, climatització, muntatge especialitzat i desmuntatge per desaparèixer poc després.

Aquesta arquitectura no pertany ni a la lògica renovable ni a la lògica permanent. No és prou innocent per durar poc ni prou duradora per justificar el seu impacte. És el pitjor híbrid: cost alt, vida breu, residu ràpid i justificació estètica.

**Neix ja com a residu diferit.**

L’arquitectura efímera només es justifica en dos casos: quan és materialment gairebé innocent o quan fracassa com a efímera, és a dir, quan demostra que mereixia romandre. Si no compleix cap d’aquestes condicions, la seva temporalitat no és una virtut, sinó malbaratament.

## 6. Una matriu temporal de sostenibilitat

La sostenibilitat arquitectònica s'hauria d'avaluar mitjançant una matriu temporal. No n'hi ha prou de classificar els materials com a bons o dolents. Cal analitzar el seu comportament en el temps.

Una matriu seriosa hauria de considerar:

- impacte inicial;
- carboni incorporat;
- capacitat d'emmagatzemar carboni;
- durada prevista;
- freqüència de substitució;
- reparabilitat;
- manteniment;
- possibilitat de desmuntatge;
- destí final del material;
- necessitat social persistent;
- capacitat d'adaptació limitada;
- custòdia institucional;
- resistència climàtica;
- capacitat d'evitar futures demolicions i reconstruccions;
- ROE esperat per a diferents horitzons temporals.

Segons aquesta matriu, un edifici de palla pot ser superior a un de formigó si el seu cicle és net, local, renovable i materialment honest. Però un edifici de formigó pot ser superior a un de palla si dura molts segles, evita múltiples reconstruccions i manté una funció rellevant. I una arquitectura estratificada pot ser superior a totes dues si combina pells renovables amb nuclis permanents.

**La sostenibilitat no és una propietat estètica. És una relació temporal.**

## 7. La paradoxa del futur climàtic

El canvi climàtic introdueix una dificultat addicional. Potser el futur no premiarà la permanència rígida, sinó l'adaptabilitat contínua. En un món de temperatures extremes, migracions, escassetat, inundacions, incendis, transformacions d'ús i crisis energètiques, potser només sobreviuran les arquitectures capaces de canviar constantment.

Però aquesta possibilitat no s'ha de celebrar massa ràpid. Si només el que és adaptable pot sobreviure, potser no som davant del triomf de l'adaptabilitat, sinó davant de la derrota de la permanència. Potser no és que els edificis duradors s'hagin equivocat, sinó que la humanitat ha produït un món on la promesa de durada esdevé inviable.

**Si el que és permanent no té lloc, és que res no té garantia de permanència.**
**Ni tan sols els éssers humans.**

La permanència mai no ha estat una certesa absoluta, sinó una aspiració racional. Cap obra humana no pot prometre eternitat, de la mateixa manera que tampoc no poden fer-ho els qui la construeixen, la civilització que la custodia o l'espècie humana. Precisament perquè res no té garantia de permanència, aspirar a la màxima durada possible no és una promesa metafísica, sinó una estratègia davant del deteriorament i el malbaratament.

Durant segles, moltes arquitectures rígides i poc adaptables han romàs. Temples, ponts, muralles, aqüeductes, monestirs, catedrals, cases de pedra i ciutats senceres han travessat canvis polítics, religiosos, econòmics i tècnics. No van sobreviure perquè fossin infinitament flexibles, sinó perquè la seva forma, la seva matèria, el seu ús o el seu valor justificaven la seva cura.

Si ara ja no podem prometre durada, la pregunta no és només arquitectònica. És civilitzatòria.

**Què hem fet perquè l'arquitectura ja no pugui aspirar a romandre?**

## 8. Conclusió: tres futurs materials

L'arquitectura futura no es pot limitar a escollir materials verds. Ha d'escollir règims temporals. Pot ser renovable i embornal si accepta cicles breus però materialment honestos. Pot ser ultrapermanent si converteix la durada extrema en justificació de l'impacte inicial. O pot ser estratificada si organitza racionalment capes de durada diferent dins d'una mateixa obra, adapta cadascuna a la seva funció i permet que el conjunt respongui a un entorn canviant sense comprometre innecessàriament la permanència del nucli estructural.

El que no pot continuar sent és materialment costosa i temporalment frívola.

L'arquitectura de palla, fusta o fibres vegetals només es justifica si el seu cicle ecològic és real. L'arquitectura de formigó, acer inoxidable, pedra o ceràmica només es justifica si aspira a durar. L'arquitectura estratificada només es justifica si cada capa coneix el seu temps.

El futur sostenible no serà simplement de fusta, palla, formigó o acer. Serà d'arquitectures capaces de respondre per la seva durada.

**Perquè el temps no és una dada externa a la sostenibilitat.**

**El temps és la seva prova.**